

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 578 978

(21) N° d'enregistrement national :

85 03573

(51) Int Cl^a : G 01 N 21/43.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

(22) Date de dépôt : 12 mars 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 38 du 19 septembre 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : *COMPAGNIE FRANCAISE DES PE-
TROLES S.A. — FR.*

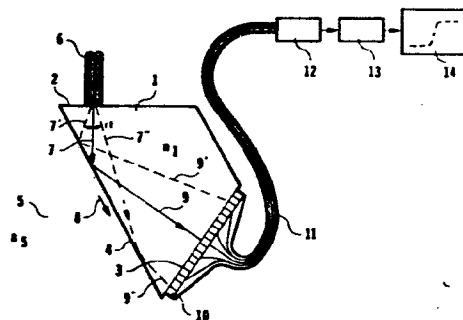
(72) Inventeur(s) : Hervé Madéo et Jean-Michel Decaudin.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Paul Descours.

(54) Procédé et dispositif de mesure de l'indice de réfraction d'un milieu.

(57) L'invention est relative à la mesure de l'indice de réfraction d'un milieu à tester, notamment d'un gaz naturel liquéfié dont on désire connaître le pouvoir calorifique et elle se caractérise en ce que l'on utilise un prisme de mesure 1 au contact du milieu à tester 5, en ce que l'on introduit dans ce prisme 1 un faisceau lumineux 6 dont une partie seulement des rayons incidents 7', 7 sont réfractés dans le milieu à tester et en ce que l'on mesure 10 l'intensité des divers rayons réfléchis 9, 9', 9'' pour déterminer parmi ces rayons réfléchis le point d'apparition d'une brusque variation dans cette intensité.



"Procédé et dispositif de mesure de l'indice de réfraction d'un milieu"

La présente invention concerne la mesure de l'indice de réfraction d'un milieu et plus particulièrement d'un milieu gazeux ou liquide.

La connaissance de l'indice de réfraction d'un milieu permet
5 - d'en déduire la pureté ou la composition lorsque l'on a par ailleurs des informations approximatives sur ce milieu. Cette connaissance peut notamment être intéressante dans les industries alimentaires, dans les raffineries, dans les colonnes de distillation, ainsi que dans les réservoirs ou les canalisations de transport de certains produits,
10 - notamment d'hydrocarbures et plus particulièrement de gaz naturel liquéfié.

Il est important de pouvoir mesurer cet indice de réfraction in situ afin de connaître les caractéristiques exactes du milieu à tester dans les conditions véritables où il se trouve au moment de sa produc-
15 - tion, de sa livraison ou de son emploi.

La présente invention propose un procédé et un dispositif de mesure qui, sans se limiter à ce mode d'application, permettent d'effectuer une mesure d'indice de réfraction au sein même d'un milieu fluide à tester, et cela avec une excellente précision.

Un objet de l'invention est un procédé de mesure de l'indice de réfraction d'un milieu à tester, comportant l'installation d'un dioptre plan entre ce milieu et un milieu de référence à indice de réfraction connu et plus élevé que celui du milieu à tester, ainsi que l'éclairage-
20 - ment de ce dioptre par des rayons lumineux incidents provenant du milieu de référence et produisant des rayons réfléchis sur ce dioptre et éventuellement des rayons réfractés dans le milieu à tester, caractérisé en ce
25 - que ces rayons lumineux incidents ont des inclinaisons uniformément

- réparties dans un angle de balayage au sein duquel on sait, d'après la plage des indices de réfraction prévus, que doit nécessairement se trouver l'inclinaison du rayon incident, dit à réfraction limite, qui génère un rayon réfracté parallèle au dioptre, en ce que l'on capte les
- 5 - rayons réfléchis provenant de ces rayons incidents au moyen d'éléments récepteurs séparés qui sont placés les uns à côté des autres en des emplacements de réception des rayons réfléchis correspondant aux diverses inclinaisons de rayons incidents comprises dans ledit angle de balayage et qui transmettent des signaux en réponse, en ce que l'on amène ces
- 10 - signaux à un organe d'analyse dans lequel on peut distinguer d'après leur intensité les signaux dus à des rayons incidents ayant donné lieu à la fois à une réflexion et à une réfraction et ceux dus à des rayons incidents ayant donné lieu exclusivement à une réflexion, afin d'en déduire l'inclinaison du rayon incident à réfraction limite et par suite,
- 15 - le rapport entre les indices de réfraction du milieu à tester et du milieu de référence.

- Ledit angle de balayage pourrait être parcouru dynamiquement par un rayon lumineux incident dont la direction varierait dans le temps, mais on préfère un système statique dans lequel le dioptre plan
- 20 - est éclairé en permanence par un faisceau lumineux à répartition uniforme dans les directions comprises dans l'angle de balayage.

- Un objet de l'invention est aussi un dispositif de mesure de l'indice de réfraction d'un milieu à tester, comportant un prisme de mesure à face d'entrée, face de sortie et face de réflexion destinée à
- 25 - être au contact du milieu à tester, constitué par un matériau dont l'indice de réfraction est plus élevé que les indices de réfraction des milieux à tester pour lesquels le dispositif est prévu et sur la face d'entrée duquel est appliquée l'extrémité d'au moins une fibre optique d'éclairement introduisant dans le prisme un faisceau lumineux,
- 30 - caractérisé en ce que la fibre optique d'éclairement est disposée de manière que le faisceau lumineux introduit dans le prisme frappe ladite face de réflexion suivant des rayons incidents à inclinaisons comprises dans un angle de balayage au sein duquel se trouvent les inclinaisons à réfraction limite, c'est-à-dire les inclinaisons de rayons incidents

- correspondant à un rayon réfracté parallèle à ladite face de réflexion, pour les indices de réfraction de milieux à tester pour lesquels le dispositif est prévu, en ce que, sur la face de sortie du prisme sont appliqués côte à côte une pluralité d'éléments récepteurs de mesure
- 5 - aptes à capter les rayons réfléchis par ladite face de réflexion et à transmettre, en retour, chacun un signal et en ce que ces éléments récepteurs de mesure sont reliés à au moins un organe d'analyse apte à analyser les signaux transmis par lesdits éléments récepteurs de mesure et à au moins déterminer ceux desdits éléments récepteurs de
- 10 - mesure entre lesquels apparaît une brusque variation dans l'intensité de ces signaux.

- Un autre objet de l'invention consiste à perfectionner le dispositif qui vient d'être décrit en lui adjoignant un prisme de calibration constitué par un matériau dont l'indice de réfraction est
- 15 - compris entre l'indice de réfraction du prisme de mesure d'une part et les indices de réfraction de milieux à tester pour lesquels le dispositif est prévu d'autre part, plaqué par une de ses faces, dite face de calibration, contre ladite face de réflexion du prisme de mesure et en adjoignant aux éléments récepteurs de mesure, des éléments récepteurs
- 20 - de calibration, analogues aux précédents, qui sont placés de manière à recevoir les rayons réfléchis par ladite face de calibration et qui sont reliés à l'organe d'analyse, celui-ci étant apte à traiter séparément et de façon analogue les signaux issus des éléments récepteurs de calibration et ceux issus des éléments récepteurs de mesure, de manière
- 25 - à pouvoir fournir aussi une information de calibration, pour l'indice de réfraction du matériau du prisme de mesure, à partir des signaux issus des éléments récepteurs de calibration.

- On entend par information de calibration une information de correction apportée à l'indice de réfraction du milieu de référence
- 30 - (prisme de mesure) pour tenir compte des conditions effectives d'utilisation, notamment de température, qui ont pu modifier la valeur connue de cet indice de réfraction du milieu de référence.

On va décrire à titre non limitatif des exemples de mise en oeuvre de l'invention en se référant au dessin joint dans lequel :

La Fig 1 représente schématiquement un dispositif de mesure d'indice de réfraction ;

5 - La Fig 2 représente un autre dispositif de mesure d'indice de réfraction avec détermination de la température du milieu à tester ; et

La Fig 3 représente comment un tel dispositif peut être installé dans une conduite de transport de fluide.

Sur la Fig 1, un prisme 1 en un matériau transparent d'indice
10 - de réfraction n_1 comporte une face d'entrée 2, une face de sortie 3 et une face de contact 4 destinée à être au contact d'un milieu 5 à tester, à indice de réfraction n_5 inférieur à n_1 , qui peut être un fluide statique ou en écoulement, un solide formé par solidification d'un liquide autour du dispositif de mesure ou un solide sur une surface
15 - plane duquel on applique la face de contact 4 sans interstice.

Sur la face d'entrée 2 aboutit un faisceau de fibres optiques 6 alimentées par une source non représentée et introduisant dans le prisme 1 un faisceau lumineux composé de rayons incidents compris entre des rayons extrêmes 7' et 7'', représentés en traits pointillés et
20 - formant un angle de balayage α à l'intérieur duquel on a figuré en trait plein un rayon incident 7 qui est le rayon incident à limite de réfraction, c'est-à-dire le rayon incident pour lequel, compte tenu du rapport des indices de réfraction n_1 et n_5 , le rayon réfracté généré par ce rayon incident 7 est parallèle à la face 4, comme on l'a repré-
25 - senté par la flèche 8. Les rayons incidents 7, 7', 7'' donnent naissance à des rayons réfléchis 9, 9', 9'' respectivement.

Sur la face 3, dans la zone comprise entre les rayons réfléchis 9' et 9, l'éclairage est relativement faible car les rayons incidents correspondants compris entre 7' et 7 ont aussi donné naissance à des
30 - rayons réfractés dans le milieu 5. Cette zone sera dite sombre. Au contraire, la zone comprise entre les rayons réfléchis 9 et 9'' est pleinement éclairée et sera dite zone éclairée.

- Contre la face de sortie 3 du prisme 1 on a appliqué un ensemble d'éléments récepteurs 10 qui peut être constitué par une batterie de photodiodes et qui a été ici supposé constitué par les extrémités d'une nappe d'un nombre élevé de fibres optiques réceptrices 11. Ces fibres
- 5 - optiques 11 sont reliées à un appareil 12 de conversion de grandeurs optiques en grandeurs électriques, constitué par exemple par un ensemble de photodiodes. La sortie de l'appareil 12 est reliée à l'entrée d'un organe de traitement et d'analyse 13 qui permet de déterminer entre
- 10 - quelles fibres optiques réceptrices se produit le passage de la zone sombre à la zone éclairée de la face de sortie 3. L'organe 13 peut donner directement l'indice de réfraction n_5 d'après l'emplacement de la face 3 où il détecte le passage de la zone sombre à la zone éclairée. On peut éventuellement faire apparaître sur un écran 14 l'intensité des signaux détectés en fonction de la position des extrémités des fibres
- 15 - optiques réceptrices sur la face 3. Sur la figure, l'intensité a été portée en ordonnée et la position en abscisse. Le créneau de passage de la zone sombre à la zone éclairée donne l'emplacement du rayon réfléchi 9 et on peut indiquer en abscisse directement l'indice de réfraction n_5 .

- Ce créneau de passage n'est pas extrêmement raide du fait des
- 20 - variations de la réflexion et de la transmission au voisinage de la réflexion totale et surtout de la largeur des fibres optiques ou concentration des récepteurs. La résolution peut être améliorée par une interpolation.

- Sur la Fig 2 on a représenté une portion d'un dispositif de mesure du même type que celui de la Fig 1, mais on lui a adjoind un
- 25 - prisme auxiliaire 15, de calibration, qui permet de faire des corrections lorsque la température du milieu 5 varie, cette variation entraînant une variation de la valeur de l'indice n_1 . Ce prisme 15 est en un milieu à indice de réfraction n_{15} compris entre les indices n_1 et n_5 . Il est appliqué contre la face 4 du prisme de mesure 1 par l'une de ses faces 16.

- 30 - Une partie des rayons incidents provenant des fibres optiques 6 frappe la face 16, comme on l'a représenté pour le rayon 7'' et donne des rayons réfléchis 9'' de calibration. On choisit la longueur et la

- position de la face 16 pour que le faisceau de rayons incidents 7"^{'''} comprenne en son sein le rayon incident à limite de réfraction dans le prisme 15, de sorte que l'on peut effectuer une mesure de l'indice n15 de la même manière que l'on effectue une mesure de l'indice n5. Pour
- 5 - cela on place des éléments récepteurs de calibration 10' analogues aux éléments récepteurs de mesure 10 et disposés de manière à recevoir les rayons réfléchis 9"^{'''}, et on prévoit dans l'organe 13 un traitement séparé et analogue des signaux dus aux éléments 10 et des signaux dus aux éléments 10'. La détermination du rapport des indices n1 et n15 qui
- 10 - varient différemment, mais de manière connue, en fonction de la température permet de connaître la température du milieu 5 et d'apporter dans la détermination de l'indice n5, (qui provient de la mesure du rapport n1/n5), la correction nécessitée par la variation qu'a subie la valeur de l'indice n1 du fait de la température.
- 15 - La Fig 3 montre comment on peut installer le dispositif selon l'invention pour mesurer l'indice de réfraction d'un fluide s'écoulant selon la flèche 17 à l'intérieur d'une canalisation 18. Les prismes et les fibres optiques sont placés à l'intérieur de la conduite, tandis que les opérations de conversion et de traitement des signaux sont effectuées
- 20 - à l'extérieur de la conduite. On pourrait installer le dispositif de mesure d'une manière analogue dans un récipient contenant un fluide à tester.

De nombreuses variantes et modifications peuvent évidemment être apportées aux réalisations décrites dans ces exemples sans sortir

25 - du cadre de l'invention.

Revendications

- 1 - Procédé de mesure de l'indice de réfraction d'un milieu à tester, comportant l'installation d'un dioptre plan entre ce milieu et un milieu de référence à indice de réfraction connu et plus élevé que celui du milieu à tester, ainsi que l'éclairement de ce dioptre par
- 5 - des rayons lumineux incidents provenant du milieu de référence et produisant des rayons réfléchis sur ce dioptre et éventuellement des rayons réfractés dans le milieu à tester, caractérisé en ce que ces rayons lumineux incidents ont des inclinaisons uniformément réparties dans un angle de balayage au sein duquel on sait, d'après la
- 10 - plages des indices de réfraction prévus, que doit nécessairement se trouver l'inclinaison du rayon incident, dit à réfraction limite, qui génère un rayon réfracté parallèle au dioptre, en ce que l'on capte les rayons réfléchis provenant de ces rayons incidents au moyen d'éléments récepteurs séparés qui sont placés les
- 15 - uns à côté des autres en des emplacements de réception des rayons réfléchis correspondant aux diverses inclinaisons de rayons incidents comprises dans ledit angle de balayage et qui transmettent des signaux en réponse, en ce que l'on amène ces signaux à un organe d'analyse dans lequel on peut distinguer d'après leur
- 20 - intensité les signaux dus à des rayons incidents ayant donné lieu à la fois à une réflexion et à une réfraction et ceux dus à des rayons incidents ayant donné lieu exclusivement à une réflexion, afin d'en déduire l'inclinaison du rayon incident à réfraction limite et, par suite, le rapport entre les indices de réfraction du
- 25 - milieu à tester et du milieu de référence.
- 2 - Dispositif de mesure de l'indice de réfraction d'un milieu à tester, pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, comportant un prisme de mesure (1) à face d'entrée (2), face de sortie (3) et face de réflexion (4) destinée à être au contact du milieu à
- 30 - tester (5), constitué par un matériau dont l'indice de réfraction est plus élevé que les indices de réfraction des milieux à tester pour lesquels le dispositif est prévu et sur la face d'entrée (2) duquel est appliquée l'extrémité d'au moins une fibre optique (6)

- d'éclairement introduisant dans le prisme (1) un faisceau lumineux caractérisé en ce que la fibre optique d'éclairement (6) est disposée de manière que le faisceau lumineux introduit dans le prisme frappe ladite face de réflexion (4) suivant des rayons
- 5 - incidents (7, 7', 7'') à inclinaisons comprises dans un angle de balayage (α) au sein duquel se trouvent les inclinaisons à réfraction limite (7), c'est-à-dire les inclinaisons de rayons incidents correspondant à un rayon réfracté (8) parallèle à ladite face de réflexion (4), pour les indices de réfraction de milieux à tester
- 10 - pour lesquels le dispositif est prévu, en ce que, sur la face de sortie (3) du prisme (1) sont appliqués côte à côte une pluralité d'éléments récepteurs de mesure (10) aptes à capter les rayons réfléchis par ladite face de réflexion et à transmettre, en retour, chacun un signal et en ce que ces éléments récepteurs de mesure
- 15 - sont reliés (11) à au moins un organe d'analyse (13) apte à analyser les signaux transmis par lesdits éléments récepteurs de mesure (10) et à au moins déterminer ceux desdits éléments récepteurs de mesure entre lesquels apparaît une brusque variation dans l'intensité de ces signaux.
- 20 - 3 - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte aussi un prisme de calibration (15) constitué par un matériau dont l'indice de réfraction est compris entre l'indice de réfraction du prisme de mesure (1) d'une part et les indices de réfraction de milieux à tester pour lesquels le dispositif est prévu d'autre part
- 25 - plaqué par une (16) de ses faces, dite face de calibration, contre ladite face de réflexion (4) du prisme de mesure (1) et des éléments récepteurs de calibration (10') adjacents aux éléments récepteurs de mesure (10), et analogues à ceux-ci, qui sont placés de manière à recevoir les rayons réfléchis par ladite face de calibration (16)
- 30 - et qui sont reliés à l'organe d'analyse (13), celui-ci étant apte à traiter séparément et de façon analogue les signaux issus des éléments récepteurs de calibration (10') et ceux issus des éléments récepteurs de mesure (10), de manière à pouvoir fournir aussi une information de calibration, pour l'indice de réfraction du matériau
- 35 - du prisme de mesure, à partir des signaux issus des éléments récepteurs de calibration (10').

PL. UNIQUE

Fig 1

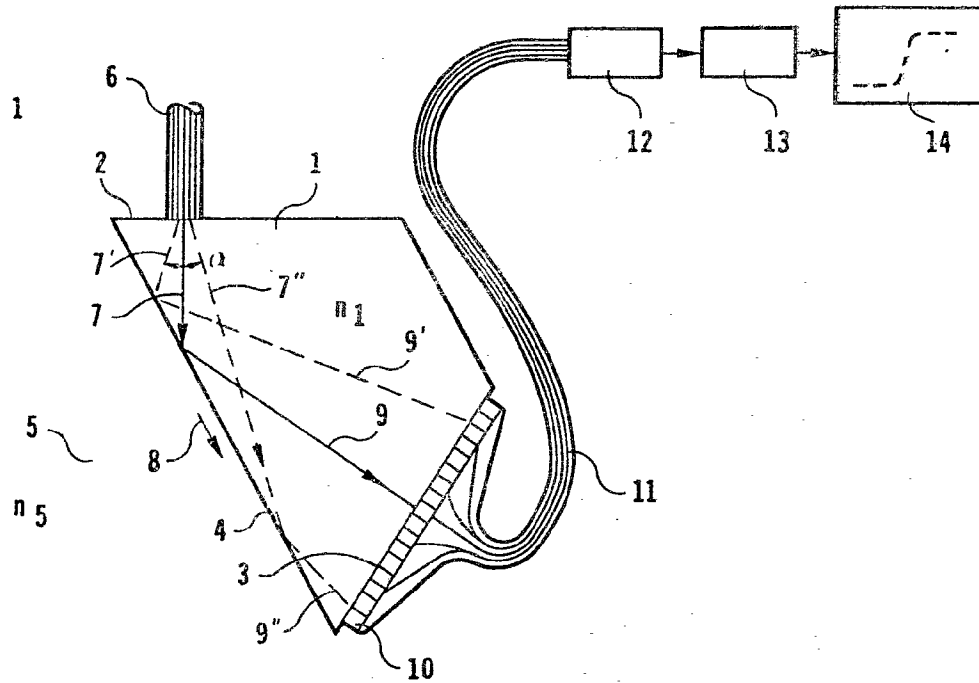


Fig 2

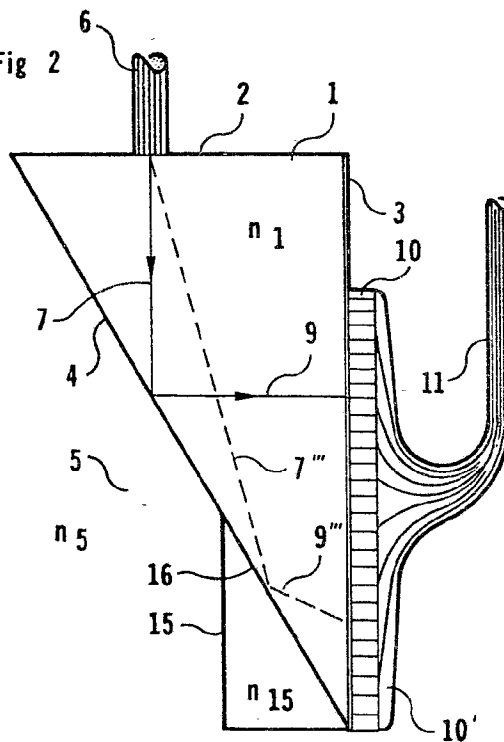


Fig 3

